

LIITTYMÄONNETTOMUUKSIEN PALAUTUMA KESKIJARVOON PÄIN

Tietokoneohjelmat NEGBIN, REGRES ja KUMJAK

TIEHALLITUS
TUTKIMUSKESKUS
INSINÖÖRITOIMISTO PENTTI POLVINEN KY
TIEH 701876

HELSINKI 1990

LIITTYMÄONNETTOMUUKSIEN PALAUTUMA KESKIVARVOON PÄIN

Tietokoneohjelmat NEGBIN, REGRES ja KUMJAK

**TIEHALLITUS
TUTKIMUSKESKUS
INSINÖÖRITOIMISTO PENTTI POLVINEN KY**

HELSINKI 1990

ISBN-951-47-2699-5

Alkusanat.

Oheiset tietokoneohjelmat ovat tilastotieteeseen kuuluvan empiirisen Bayes-menetelmän sovellutus liittymäonnettomuuksiin. Ne on tarkoitettu käytettäväksi ennen-jälkeen tutkimuksissa arvioitaessa muutostöimien vaikutusta liittymien onnettomuuslukumääriin.

Menetelmän käyttöalue ei ole rajattu liittymäonnettomuuksiin. Ohjelmia voidaan käyttää sellaisenaan tai pienin muutoksin minkä tahansa ilmiöiden tutkimiseen, jotka noudattavat tehtyjä jakauma-olettamuksia.

Työ on tehty tiehallituksen toimeksiannosta. Ohjelmat on laatinut dipl.ins. Pentti Polvinen. Tilaajan puolesta työtä ovat valvoneet tieinsinööri Mikko Ojajärvi ja erikoistutkija Riitta Olsonen.



Apulaisjohtaja

K. Härkänen

Sisältö

	Sivu
Alkusanat	i
Sisältö	ii
1. Johdanto	1
2. Lyhyt katsaus empiiriseen Bayes-menetelmään	1
2.1 Menetelmän periaate	1
2.2 Jakaumafunktiot ja parametrit	2
2.3 Liittymäonnettomuuksien lukumäärän palautuma keskiarvoon päin	3
2.4 Liittymäonnettomuuksien kumulatiivinen jakauma	4
Lähteet	4
3. Ohjelmien NEGBIN, REGRES ja KUMJAK käyttöohjeet	5
3.1 Ohjelmien käyttö ilman kovalevyä	5
3.2 Ohjelmien käyttö kovalevyllä	5
3.3 Ohjelma NEGBIN	5
3.4 Ohjelma REGRES	7
3.5 Ohjelma KUMJAK	8

1. JOHDANTO

Esillä oleva empiirisen Bayes-päätöksenteon sovellutus on menetelmä, jolla ennustetaan liittymän vuotuisten onnettomuuksien palautuma keskiarvoon päin (regression to mean) ja tähän liittyen liittymän onnettomuusennusteen varmuusrajat kun tunnetaan liittymän onnettomuushistoria.

Menetelmää käytetään ennen-jälkeen tutkimuksissa ja sillä selvitetään se osa liikenneonnettomuuksien lukumäärän muutoksesta, joka ei ole seuraus liittymän parannustoimista.

Ennusteet tehdään olettaen että tarkasteltava liittymä on säilynyt ennallaan siirryttäessä onnettomuushavaintojen tekemisestä (ennen-tilanne) ennustetilanteeseen (jälkeen-tilanne). Jos liittymään on tehty muutoksia, esimerkiksi yksinkertainen liittymä on kanavoitu, niiden vaikutus ja merkitsevyys todetaan vertaamalla jälkeen-tilanteessa tapahtuneita onnettomuuksia ohjelmilla REGRES ja KUMJAK laskettuihin tuloksiin.

Menetelmän käyttö edellyttää että tarkasteltava liittymä kuuluu liittymäjoukkoon, jonka onnettomuuksista on tehty riittävä määrä havaintoja. Jos mahdollista, liittymäjoukko valitaan siten että se koostuu samankaltaisista liittymistä. Valintaperusteita ovat esimerkiksi liittymälaji (T-liittymä, X-liittymä), kanavointi, valo-ohjaus, tielaji jne.

Menelmä soveltuu kaikkien sellaisten ilmiöiden tarkasteluun, joiden ominaisuudet sopivat yhteen tehtyjen jakaumaolettamusten kanssa (Poisson-jakauma yhdistettynä gammaprioriin ja gamma-posterioriin).

Tämä empiirisen Bayes-menetelmän sovellutus liittymäonnettomuuksien käsittelyyn on esitetty artikkelissa /1/ vuodelta 1981. Oheiset tietokoneohjelmat NEGBIN, REGRES ja KUMJAK perustuvat artikkelissa esitettyihin menettelytapoihin. Ohjelman NEGBIN algoritmi negatiivisen binomijakauman parametrien laskemiseksi on saatu lähteestä /2/, jossa se on esitetty fortran-kielisenä. Ohjelmissa on käytetty apuna Pascal-kielisiä rutiineja lähteestä /3/.

2. LYHYT KATSAUS EMPIIRISEEN BAYES-MENETELMÄÄN

2.1 Menetelmän periaate.

Bayes-menetelmässä tarkastellaan tapahtumajoukkoa, tässä tapauksessa liittymäonnettomuuksien "tosikeskiarvoja". Jokaisen liittymän onnettomuuslukumäärä a on tällöin kukin erikseen peräisin Poisson-jakautuneesta lukujoukosta, jonka parametri, keskiarvo m on tuntematon. Tätä keskiarvoa m pidetään satunnaismuuttujana ja sen tiheysfunktio $f_0(m)$ on tarkastelun kohteena. Menetelmäteoria

perustuu kolmivaiheeseen etenemisajatuksen:

1. Tapahtumista on olemassa ennakkokäsitys, jonka perusteella päätellään keskiarvojen m jakauma. Päätely voi perustua koke-musperäiseen tietoon tai rajoitettuun määrään onnettomuus-havaintoja. Tätä jakaumaa kutsutaan priorijakaumaksi $f_0(m)$ (1).
2. Priorijakaumaan liitetään uusi havaintoaineisto ja näin kas-vaneen informaation avulla kehitetään keskiarvojen m poste-riorijakauma $f_0(m|a)$. Se tapahtuu kertomalla priorijakauma $f_0(m)$ onnettomuuskeskiarvon uskottavuusfunktiolla $L(m)$.
3. Posteriorijakaumasta ja oletuksesta, että liittymän onnetto-muusluku noudattaa Poisson-jakaumaa kuten ennen-tilanteen onnettomuuslukukin, kehitetään työn lopputavoitteena oleva ennustejakauma. Se saadaan integroimalla lauseke $p(a|m)f_0(m)$ $m:n$ suhteen ja on muodoltaan negatiivinen binomijakauma.

Meidän tapauksessamme kohta 1 sisältää ainoastaan olettamuksen että priorijakauma on gammajakauma. Tästä jakaumatyypin valin-nasta seuraa että myös posteriorijakauma on gammajakauma. Ennus-tejakauma on tällöin negatiivinen binomijakauma /6/.

Priori- ja posteriorijakauman merkitys rajoittuu teoreettisen taustan käsittelyyn. Käytännössä lasketaan ainoastaan posteriorijakauman parametrit sovittamalla havaintoaineisto negatiiviseen tai katkais-tuun negatiiviseen binomijakaumaan. Muut käytännön laskutoimi-tukset tapahtuvat laskettujen parametrien avulla.

2.2 Jakaumafunktiot ja parametrit:

Tarkastellaan liittymää, jossa on yhden vuoden aikana tapahtunut a liikenneonnettomuutta. Tällöin tehdään kaksi olettamusta /1/:

1. Eri vuosina liittymässä tapahtuneiden onnettomuuksien lu-kumäärät a noudattavat Poisson-jakaumaa $p(a|m)$ keskiarvolla m siten että

$$(1) \quad p(a|m) = \frac{e^{-m} m^a}{a!} \quad (a = 0, 1, 2, \dots)$$

2. Kunkin liittymän tuntematon onnettomuuskeskiarvo m on satunnaismuuttuja $m:n$ priorijakaumaa kuvaa tiheysfunktio $f_0(m)$, joka otaksutaan gammajakaumaksi parametrein n_0 ja s_0 siten että

$$(2) \quad f_0(m) = \frac{n_0 (n_0 m)^{s_0-1} e^{-n_0 m}}{\Gamma(s_0)}$$

Tämän jakauman keskiarvo on s_0/n_0 ja hajonta s_0/n_0^2 . Parametrit voidaan tulkita siten että liittymässä on aikana n_0 tapahtunut s_0 on-nettomuutta

Priorijakaumasta kehitetään posteriorijakauma liittämällä siihen havaintoaineistoa yhdeltä tai useammalta vuodelta. Jos priorijakau-ma on gammatyypistä, on myös posteriorijakauma gammatyypistä.

Posteriorijakauman parametrit s_1 ja n_1 saadaan priorijakauman parametreista s_0 ja n_0 lisäämällä niihin havaittujen onnettomuuksien lukumäärä s ja havaintoaika n vuosina /6/:

$$(3) \quad \begin{aligned} s_1 &= s_0 + s \text{ ja} \\ n_1 &= n_0 + n \end{aligned}$$

Jos posteriorijakauma on gammatyyppinen parametrein n_1 ja s_1 , on ennustejakauma negatiivinen binomijakauma. Ennustejakauma osoittaa todennäköisyyden sille että liittymässä, jonka onnettomuusasteen todellinen keskiarvo on m , tapahtuu a onnettomuutta, eli

$$(4) \quad p(a) = \frac{\Gamma(s_1 + a)}{a! \Gamma(s_1)} \left(\frac{1}{1 + n_1} \right)^a \left(\frac{n_1}{1 + n_1} \right)^{s_1} \quad (a = 0, 1, 2, \dots)$$

Parametrit s_0 ja n_0 saadaan merkitsemällä yhtälössä (4) $s_1 = s_0$ ja $n_1 = n_0$ sekä laskemalla siitä parametrien suurimman uskottavuuden estimaatit onnettomuuslukumäärillä a ja vastaavilla liittymälukumäärillä. Tämä tehdään ohjelmalla NEGBIN.

2.3 Liittymäonnettomuuksien lukumäärän palautuma keskiarvoon päin

Liittymäonnettomuuksien lukumäärä on satunnaismuuttuja. Palautuma keskiarvoon päin (regression to mean) merkitsee sitä että onnettomuuslukumäärän todellinen tuleva arvo on yleensä lähempänä laskettua posteriorijakauman keskiarvoa s_0/n_0 kuin havaittu lukuarvo. Keskiarvoa suurempia onnettomuuslukumääriä seuraavat yleensä pienemmät ja kääntäen. Tämä on siis luonnollinen, ulkoisista olosuhteista riippumaton ilmiö ja se on otettava huomioon ennen-jälkeen tutkimuksissa verrattaessa parannustoimien jälkeisiä onnettomuuslukuja lukuihin ennen parannustoimia

Palautuman suuruus prosentteina on /1/

$$(5) \quad R = \left[\left(\frac{s_0 + s}{n_0 + n} \right) \frac{n}{s} - 1 \right] * 100$$

Liittymän onnettomuuslukumäärän palautuma kasvaa onnettomuuslukumäärän kasvaessa ja lähtöaineiston havaintokauden lyhessä. Laskettaessa palautuma usean vuoden onnettomuuskeskiarvosta se on pienempi kuin yhden vuoden aineistosta saatujen onnettomuuslukujen palautuma. Kuvassa 3-2 sivulla 6 on esimerkki palautumakäyristä havaintoaikojen ollessa 1, 2, 3 ja 5 vuotta. Palautuma lasketaan ohjelmalla REGRES ja esimerkin lähtöaineistona on T-liittymien onnettomuushistoria vuosilta 1981-83 (tiedosto tluku.txt). Englannissa on laskettu 10 - 20% /1/ ja Suomessa 10 - 30 % palautumia (esimerkkilasku ja /7/).

2.4 Liittymäonnettomuuksien kumulatiivinen jakauma

Onnettomuuslukumäärän kumulatiivinen jakauma antaa mahdollisuuden jälkeen-tilanteen onnettomuuslukumäärien haarukointiin annetulla todennäköisyydellä. Kutakin onnettomuusastetta ja havaintoaikaa vastaava onnettomuuslukumäärän kumulatiivinen jakauma $F(a)$ lasketaan yhtälöstä (4) summaamalla $p(a)$ liittymän onnettomuuslukumäärien yli. Tämä tehdään ohjelmalla KUMJAK.

$$(6) \quad F(a) = \sum_{n=0}^{n_{\max}} p(a | n_0, s_0, n_1, s_1)$$

Kuvassa 3-3 on kumulatiivinen jakauma esimerkkiaineistosta tluku.txt vastaten kuvan 3-2 pistettä A (havaittu 30 onnettomuutta 5 vuoden aikana onnettomuusasteen ollessa 6. Kuvassa on esimerkkinä havaintoja seuraavan ennustevuoden onnettomuuslukumäärä 80% todennäköisyydellä eli 2-9 onnettomuutta.

Lähteet:

/1/ C. Abbes, D. Jarret and C.C. Wright. Accidents at blackspots: estimating the effectiveness of remedial treatment, with special reference to the 'regression-to-mean' effect. Traffic Engineering and Control, October 1981.

/2/ Wyshak, G A. program for estimating the parameters of the truncated negative binomial distribution Algorithm A68, Appl. Statist., 23 (1), 1974, 87-91

/3/ Press, Flannery, Teukolsky, Vetterling. Numerical Recipes Cambridge University Press, 1987

/4/ Gilchrist, W. Statistical Modelling John Wiley & Sons, 1984

/5/ Maritz, J.S. Empirical Bayes Methods. Methuen and Co, 1970

/6/ Aitchison, J. and Dunsmore, I.R. Statistical Prediction Analysis. Cambridge University Press, 1975.

/7/ TVH, liikennetoimisto, Insinööritoimisto Pentti Polvinen Ky. Liittymäonnettomuudet 1981-83 TVH:n julkaisu 741827, 1985

3. OHJELMIEN NEGBIN, REGRES JA KUMJAK KÄYTTÖOHJEET

Ohjelmilla käsitellään tietyn alueen liittymäjoukkoa, jonka liittymäonnettomuudet on havaittu yhden tai useamman vuoden ajalta.

Ohjelmien sisäänlukuohjeet tulevat näyttöruutuun. Ohjelmien tulostus on mahdollista joko näyttöruutuun, kirjoittimelle tai nimettävään tiedostoon. Kirjoittimen täytyy olla IBM Proprinterin kanssa yhteen sopiva.

Liittymät luokitellaan onnettomuuslukumäärän mukaan luokkiin 0,1,...,n onnettomuutta/liittymä ja taulukoidaan ASCII-tiedostoksi taulukon 3-1 osoittamalla tavalla. Taulukon vasemmassa sarakkeessa on luokitus ja oikeassa sarakkeessa samalla rivillä kunkin luokan liittymälukumäärä. Rinnakkaisten lukujen väliin jätetään vähintään yksi tyhjä tila ilman välimerkkiä.

Ohjelmat ovat Pascal-kielestä käännettyssä muodossaan NEGBIN.EXE, REGRES.EXE ja KUMJAK.EXE.

3.1 Ohjelmien käyttö ilman kovalevyä:

Ohjelmalevy pannaan levyasemaan a: tai b:. Ohjelmalevyn ollessa levyasemassa ohjelma käynnistetään kirjoittamalla ohjelman nimi, esim.

NEGBIN ja painamalla näppäintä [Return].

3.2 Ohjelmien käyttö kovalevyiltä.

Jos käytettävissä on kovalevy, esimerkiksi asema c:, tehdään sille alihakemisto c:\nimi. Se tapahtuu komennoilla

c: [Return] ja sen jälkeen

md \nimi (esim. \nbjak).

Tämän jälkeen ohjelmalevy pannaan levyasemaan a: tai b: ja ohjelmat kopioidaan alihakemistoon levyasemalta komennoilla

a: (tai b:)

copy *.* c:\nimi.

Ohjelmien käynnistys kovalevyiltä tapahtuu alihakemistosta c:\nimi kirjoittamalla ohjelman nimi ja [Return] esim.

NEGBIN [Return]

3.3 Ohjelma NEGBIN.

Ohjelmalla lasketaan empiiriseen Bayes-menetelmään nojautuen negatiivisen binomijakauman parametrit n_0 ja s_0 taulukon 3-1 mukaan taulukoiduille lukuarvoille. Ohjelmassa on kaksi vaihtoehtoa,

negatiivinen tai katkaistu (taulukon käsittely ilman 0-luokkaa) negatiivinen binomijakauma. Molemmat vaihtoehdot lasketaan ja tuloksista valitaan paremmin lukusarjaan sopiva jakauma parametreineen.

Käynnistys: Ohjelma käynnistetään komennolla NEG-BIN [Enter].

Sisäänluke: Konsolilta syötetään seuraavat lähtötiedot (lukuohje tulee näyttöön):

- Lähtöarvotiedoston (taulukko 3-1) nimi.
- Tulostiedoston nimi.

Tulostus: Ohjelma tulostaa rinnakkain havaintoarvot ja niihin sovitettua negatiivisen binomijakauman sekä edellisten erotuksen. Lisäksi se tulostaa χ^2 -testin, joka käsittelee havaitut ja lasketut liittymäluvut pareittain. Todennäköisyyslukuarvo 'prob' ilmoittaa, millä todennäköisyydellä havaittu neliösumma ylittää lukuarvon χ^2 (khi2) / 3/. Pieni todennäköisyyslukuarvo merkitsee hyvää yhteensopivuutta teoreettisen jakauman kanssa. Testin ulkopuolelle jäävät luokat, joiden laskettu liittymäluku on < 1 .

Käyttöesimerkki: Esimerkkinä on taulukon 3-1 mukainen lähtöarvotiedosto, joka käsittelee T-liittymien onnettomuudet koko maassa vuosina 1981-83.

Taulukko 3-1

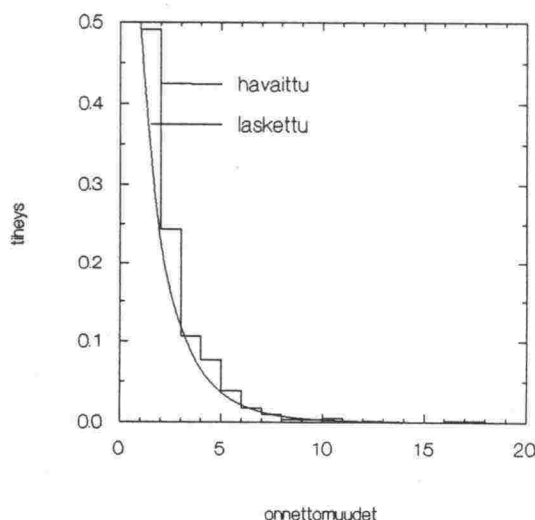
Ohjelman NEGBIN lähtöarvot

Esimerkkina T-liittymien onnettomuudet 1981-83.

0	784
1	429
2	213
3	93
4	67
5	34
6	15
7	8
8	3
9	3
10	4
11	0
12	1
13	0
14	0
15	0
16	1
17	1
18	0
19	1

Kuva 3-1

Negatiivinen binomijakauma
Havaitut ja lasketut lukuarvot



Taulukko 3-2

Ohjelman NEGBIN esimerkkitulostus

Negatiivinen binomijakauma.
Lasketut parametrit: $SO = 0.4480$ $NO = 0.5746$

Onnettomuus	Laskettu	Havaittu	Eroitus
1	435.10	429.00	6.10
2	200.06	213.00	-12.94
3	103.68	93.00	10.68
4	56.76	67.00	-10.24
5	32.07	34.00	-1.93
6	18.49	15.00	3.49
7	10.82	8.00	2.82
8	6.40	3.00	3.40
9	3.81	3.00	0.81
10	2.29	4.00	-1.71
11	1.38	0.00	1.38
12	0.84	1.00	-0.16
13	0.51	0.00	0.51
14	0.31	0.00	0.31
15	0.19	0.00	0.19
16	0.12	1.00	-0.88
17	0.07	1.00	-0.93
18	0.04	0.00	0.04
19	0.03	1.00	-0.97

Seuraavaan testiin otettu lasketut luvut, jotka ovat ≥ 1.0

khi2: 10.017 va: 10
prob: 0.439

Lukusarjaan sopii parhaiten katkaistu negatiivinen binomijakauma, jonka parametrit ovat $n_0 = 0.575$ ja $s_0 = 0.448$. Ohjelman tulostus esimerkkiaineistoa käyttäen on taulukossa 3-2.

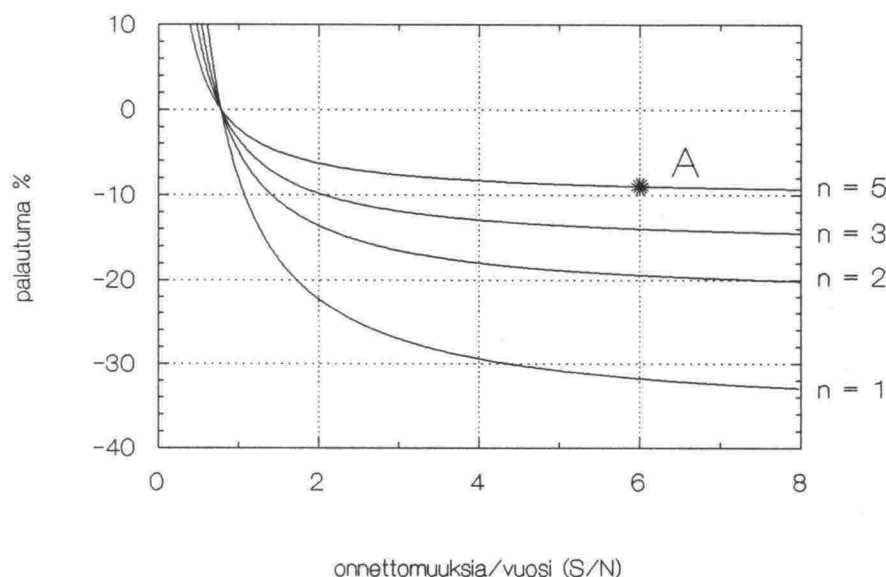
Kuvassa 3-1 on esitetty esimerkkiaineisto pylväsdiagrammina sekä siihen sovitetun negatiivisen binomijakauman kuvaaja. Tämä graafinen tulostus ei sisälly ohjelmaan.

3.4. Ohjelma REGRES.

Ohjelma laskee liittymien onnettomuuslukumäärän palautuman keskiarvoon päin prosentteina vuotuisesta onnettomuuslukumäärästä.

Kuva 3-2

Palautuma keskiarvoon päin.



Palautuma riippuu havaintokauden pituudesta. Lyhyt onnettomuuksien havaintojakso sisältää vähän informaatiota ja on pitkän jakson informaatiota heikompi enustepohja.

Käynnistys: Ohjelma käynnistetään `komennolla REGRES [Enter]`.

Sisäänluke: Ohjelman lähtötietoina annetaan ohjelmalla NEGBIN lasketut parametrit n_0 ja s_0 (lukuohje tulee näyttöön).

Taulukko 3-3

Ohjelman REGRES esimerkitulostus

Onnettomuuslukumäärän palautuma keskiarvoon päin %

Parametrit $S_0 = 0.448$, $N_0 = 0.575$

Onnettomuus/ vuosi S/N	1	2	3	4	5
1	-8.04	-4.92	-3.54	-2.77	-2.27
2	-22.27	-13.62	-9.81	-7.66	-6.29
3	-27.01	-16.52	-11.90	-9.30	-7.63
4	-29.38	-17.97	-12.94	-10.11	-8.30
5	-30.80	-18.84	-13.57	-10.60	-8.70
6	-31.75	-19.42	-13.99	-10.93	-8.97
7	-32.43	-19.83	-14.28	-11.16	-9.16
8	-32.94	-20.14	-14.51	-11.34	-9.30
9	-33.33	-20.38	-14.68	-11.47	-9.41
10	-33.65	-20.58	-14.82	-11.58	-9.50
11	-33.91	-20.74	-14.94	-11.67	-9.58
12	-34.12	-20.87	-15.03	-11.74	-9.64
13	-34.30	-20.98	-15.11	-11.81	-9.69
14	-34.46	-21.08	-15.18	-11.86	-9.73
15	-34.60	-21.16	-15.24	-11.91	-9.77
16	-34.71	-21.23	-15.29	-11.95	-9.81
17	-34.82	-21.29	-15.34	-11.98	-9.83
18	-34.91	-21.35	-15.38	-12.02	-9.86
19	-34.99	-21.40	-15.41	-12.05	-9.88
20	-35.07	-21.45	-15.45	-12.07	-9.91
21	-35.14	-21.49	-15.48	-12.09	-9.92
22	-35.20	-21.53	-15.50	-12.12	-9.94
23	-35.25	-21.56	-15.53	-12.13	-9.96
24	-35.31	-21.59	-15.55	-12.15	-9.97
25	-35.35	-21.62	-15.57	-12.17	-9.99
26	-35.40	-21.65	-15.59	-12.18	-10.00
27	-35.44	-21.67	-15.61	-12.20	-10.01
28	-35.48	-21.70	-15.63	-12.21	-10.02
29	-35.51	-21.72	-15.64	-12.22	-10.03
30	-35.54	-21.74	-15.66	-12.23	-10.04

Tulostus: Ohjelma tulostaa viittä eri pituista havaintojaksoa vastaavat palautumat keskiarvoon päin liittymän onnettomuuslukumäärän funktiona. Havaintojaksojen pituudet ovat $n = 1-5$ vuotta. Vuotuisen onnettomuuslukumäärän s/n ulottuvuus on 0-30 onn/vuosi.

Taulukossa 3-3 on ohjelman tulostus esimerkkiaineiston parametreilla $n_0 = 0.575$ ja $s_0 = 0.448$.

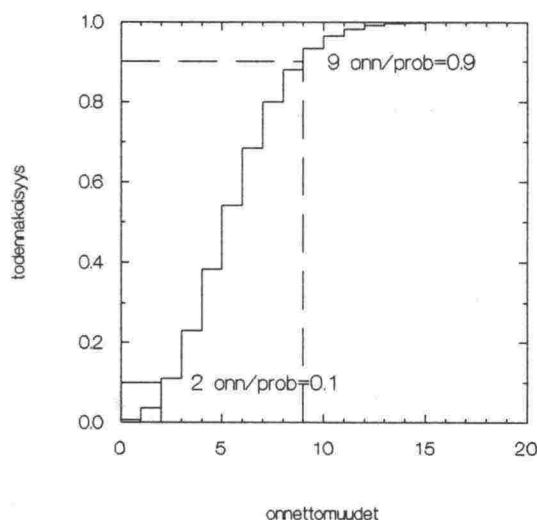
Tulostus on esitetty myös kuvassa 3-2. Siitä nähdään että kaikilla käyrillä on sama osamäärän s/n 0-kohta s_0/n_0 . Se on piste, johon päin onnettomuusaste palautuu. Graafinen tulostus ei sisälly ohjelmaan.

3.5 Ohjelma KUMJAK

Ohjelmaa käytetään ennen-jälkeen tutkimuksissa arvioitaessa parannustoimien vaikutusta liittymäonnettomuuksiin. Ohjelma laskee liittymäonnettomuuksien ennusteen kumulatiivisen todennäköisyysjakauman. Olosuhteiden, myös liikennemäärien, otaksutaan säilyvän ennustetilanteessa samoina kuin ennen sitä. Näin ollen jos ennustetilanteen havaitut onnettomuusluvut poikkeavat merkitsevästi ennusteesta, voidaan muutuneiden olosuhteiden, esimerkiksi parannustoimien katsoa vaikuttaneen onnettomuuksiin.

Kuva 3-3

Kumulatiivinen todennäköisyysjakauma



Käynnistys: Ohjelma käynnistetään komennolla KUMJAK [Enter].

Sisäänluku: Ohjelman lähtötietoina annetaan konsolilta (lukuohje tulee näyttöön):

- parametrit n_0 ja s_0
- tulostustiedoston nimi
- ennen- ja jälkeen-aikojen pituudet (havaintojen tekoaika ja ennusteen kattamisaika vuosina)
- liittymän pienin ja suurin taulukoitava onnettomuuslukumäärä ennen-tilanteessa

Tulostus: Tulostuksena on taulukko, jonka vasemman reunan pystysarakkeessa on liittymäonnettomuuksien lukumääräen-

nuste. Tulostaulukon ensimmäisellä vaakarivillä ovat havaitut onnettomuuslukumäärät ennen ennustetilannetta. Pystysarakkeissa, havaittujen onnettomuuslukumäärien alla ovat ennustetilanteen onnettomuuksien kumulatiiviset todennäköisyysjakaumat.

Kumulatiivisen jakauman taulukosta nähdään kuinka monta onnettomuutta korkeintaan (vasen pystysarake) ennustetaan tapahtuvaksi taulukon ilmoittamalla todennäköisyydellä. Edelleen voidaan katsoa, mikä on onnettomuuslukujen ala- ja yläraja annetulla todennäköisyydellä. Esimerkiksi käytettäessä 80% todennäköisyyttä onnettomuuksien alaraja saadaan vasemman reunan pystysarakkeesta 10%:n ja yläraja 90%:n kohdalta.

Tulostaulukko on jaettu viiden sarakkeen A4-levyisiin osiin.

Esimerkkiaineiston parametreilla ja seuraavilla lähtöarvotiedoilla laskettu tulostaulukko on taulukossa 3-4:

- onnettomuuksien havaintoaika 5 vuotta, ennusteen kattamisaika 1 vuosi

- pienin taulukoitu onnettomuuslukumäärä ennen-tilanteessa 25, suurin 33

Taulukko 3-4

Ohjelman KUMJAK esimerkkitulostus.

Seuraavien 1 vuoden ennustetut onnettomuudet
Parametrit S0 = 0.448, N0 = 0.575

Ennusta	Edeltävien 5 vuoden onnettomuudet kpl				
	25	26	27	28	29
0	0.0150	0.0127	0.0108	0.0092	0.0078
1	0.0731	0.0639	0.0559	0.0488	0.0425
2	0.1900	0.1708	0.1534	0.1374	0.1230
3	0.3527	0.3250	0.2989	0.2744	0.2513
4	0.5287	0.4977	0.4675	0.4381	0.4097
5	0.6863	0.6576	0.6287	0.5997	0.5708
6	0.8080	0.7851	0.7613	0.7367	0.7115
7	0.8911	0.8750	0.8577	0.8393	0.8198
8	0.9424	0.9321	0.9208	0.9084	0.8949
9	0.9714	0.9654	0.9586	0.9510	0.9425
10	0.9866	0.9834	0.9796	0.9752	0.9703
11	0.9940	0.9924	0.9904	0.9881	0.9854
12	0.9975	0.9967	0.9957	0.9946	0.9932
13	0.9990	0.9986	0.9982	0.9976	0.9970
14	0.9996	0.9994	0.9993	0.9990	0.9987
15	0.9998	0.9998	0.9997	0.9996	0.9995
16	0.9999	0.9999	0.9999	0.9998	0.9998
17	1.0000	1.0000	1.0000	0.9999	0.9999
18	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
19	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
20	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

Ennusta	Edeltävien 5 vuoden onnettomuudet kpl			
	30	31	32	33
0	0.0066	0.0056	0.0047	0.0040
1	0.0371	0.0323	0.0281	0.0244
2	0.1099	0.0981	0.0875	0.0779
3	0.2298	0.2098	0.1912	0.1740
4	0.3823	0.3561	0.3310	0.3071
5	0.5421	0.5138	0.4860	0.4588
6	0.6857	0.6596	0.6332	0.6067
7	0.7994	0.7782	0.7561	0.7334
8	0.8804	0.8649	0.8483	0.8308
9	0.9330	0.9227	0.9114	0.8991
10	0.9646	0.9582	0.9511	0.9432
11	0.9823	0.9786	0.9744	0.9697
12	0.9915	0.9896	0.9873	0.9846
13	0.9961	0.9951	0.9939	0.9925
14	0.9983	0.9978	0.9972	0.9965
15	0.9993	0.9991	0.9988	0.9984
16	0.9997	0.9996	0.9995	0.9993
17	0.9999	0.9998	0.9998	0.9997
18	1.0000	0.9999	0.9999	0.9999
19	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
20	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

Taulukon 3-4 jokainen kumulatiivisen jakauman sarake vastaa yhtä pistettä ohjelmalla REGRES lasketussa tulostuksessa taulukossa 3-3. Kuvaan 3-2 on (kuva ei kuulu ohjelman tulostukseen) merkitty kirjaimella A käyrälle $n = 5$ (havaintoaika vuosina) piste, jossa palautuma keskiarvoon päin on noin 9% vuotuisen onnettomuuslukumäärän ollessa kuusi (30 onnettomuutta 5 vuoden aikana). Tätä pistettä vastaava onnettomuuksien kumulatiivinen jakauma on taulukon 3-4 onnettomuusluvun 30 alla oleva sarake. Jakauman kuvaaja on esitetty kuvassa 3-3 (kuva ei kuulu ohjelman tulostukseen).

Onnettomuusennuste on: 80% todennäköisyydellä 2-9 onnettomuutta seuraavan vuoden aikana.

